

Perspectivas da aplicação de frações residuais da indústria do coco

TORRES, Vitoria Ribeiro^{1*}; SILVA, Daniel Pereira¹; RUZENE, Denise Santos²

¹ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe;

² Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe;

* Autor de correspondência. E-mail: quimicalize.ribeiro@hotmail.com

RESUMO

O coco é um fruto tropical com destaque no Brasil, tanto pela produção quanto pelo consumo. Seu descarte gera entulhos constituídos principalmente pela casca, que possui resíduos lignocelulósicos na composição. Dessa forma, aproveitar esses materiais serve como oportunidade de minimizar os danos socioambientais, otimizar os produtos existentes, e criar outros, além de estimular a economia brasileira. Assim, o intuito deste trabalho foi realizar um panorama das principais aplicações das frações lignocelulósicas provenientes do coco, por meio de estudos bibliométricos.

Palavras-chave: Coco; Frações lignocelulósicas; Resíduos agroindustriais.

Perspectives of the application of residual fractions of the coconut industry

ABSTRACT

The coconut is a tropical fruit with a prominence in Brazil for its as well production as consumption. Its discarding generates debris mainly constituted by the bark, that has lignocellulosic residues in the composition. In this way, taking advantage of these materials serves as an opportunity to minimize social and environmental damages, optimize existing products, create other and stimulate the Brazilian economy. Thus, the aim of this work was to perform an overview of the main applications of lignocellulosic fractions from coconut, through bibliometric studies.

Keywords: Coconut; Lignocellulosic fractions; Agroindustrial residues.

1 Introdução

O agronegócio contribui significativamente no desenvolvimento econômico do Brasil (IORIS, 2016). Segundo Wilkinson *et al.* (2017), isso é perceptível através da geração de empregos, número de exportações e, também, de insumos, o que influencia na sua maior participação do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Em particular, o agronegócio do coco que recebe um dos principais destaques no país pela alta disponibilidade, pelo baixo custo, a incluir o crescimento do seu consumo, como resultado dos hábitos saudáveis e alimentares das pessoas, além das propriedades diuréticas da sua água (JONHNKENEDY *et al.*, 2014).

Por efeito, há uma elevada geração dos resíduos da biomassa lignocelulósica (resíduos do coco) após o consumo, que podem causar transtornos ambientais e sanitários. Conforme descrito por Dardick e Callahan (2014), esses resíduos são constituídos pelo exocarpo (camada mais externa do fruto), mesocarpo (porção intermediária, fibrosa e espessa), e endocarpo (camada mais interna, que possui carne e água). Outrossim, seus componentes fundamentais são frações residuais designadas por celulose, hemicelulose e lignina (NG *et al.*, 2010).

De acordo com Bledzki e Gassan (1999), as fibras de coco apresentam propriedades peculiares em relação a outros materiais, a exemplo da fibra de vidro. Enquanto essa última possui densidade de 2,5g/cm³, alongamento de apenas 2,5%, resistência à tração em média de 2750MPa, e módulo de elasticidade equivalente a 70GPa, as fibras do coco são menos densas (1,2g/cm³), com maior capacidade de aumento estrutural (30%), 175MPa de resistência à tração, e módulo de elasticidade em torno de 5GPa. Ademais, essas fibras provenientes do coco necessitam de tratamentos, para que sejam utilizadas da melhor maneira.

Dessa forma, com consciência da alta potencialidade do aproveitamento desses resquícios, o presente trabalho teve como objetivo demonstrar as diversas aplicações do fracionamento da biomassa lignocelulósica do coco em seus componentes básicos, o que possibilita a utilização absoluta dos recursos naturais disponíveis.

2 Coco

Predominante na faixa litorânea dos países situados na zona tropical, o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) possui um importante papel socioeconômico e sustentável nesses locais, além de auxiliar no fornecimento de bens de consumo e de serviço (SIQUEIRA *et al.*, 2002). Existem dois principais tipos de coqueiro, segundo Chan e Elevitch (2006) e Fontes *et al.* (2002), que são o gigante e o anão. O coqueiro gigante é de polinização cruzada, o que possibilita a variedade dos frutos. A altura média chega a 25 metros, a produção por planta equivale a 80

frutos por ano, e o ciclo produtivo dura por volta de 60 anos. Enquanto que prevalece a autopolinização no coqueiro anão, que resulta na uniformidade dos frutos. Ademais, ele atinge em média 11 metros de altura, produz 120 frutos a mais que o coqueiro gigante anualmente, porém sua vida útil alcança em torno de 40 anos.

No contexto brasileiro, Fontes *et al.* (2002) mostram a viabilidade desse cultivo tanto pelas questões climáticas e pelo solo arenoso, quanto pelo baixo custo do produto devido à proximidade do consumidor e à produção maior que a necessária, gerada pela expansão do plantio de coco verde (originado do coqueiro anão) em virtude da alta demanda anual por água de coco. Como consequência disso, houve aumento de 1,5% dos níveis de produção nacional em 2017, com relação a 2016, onde foi produzido mais de 1,7 milhões de frutos (IBGE, 2017).

Nesse sentido, Cabral *et al.* (2016) relatam que cerca de 85% do peso total do coco verde são resíduos sólidos (cascas), o qual o descarte não planejado ocasiona em problemas ambientais, além de impactar negativamente na saúde pública. Isso ocorre porque, apesar de ser um resíduo natural e servir em geral como adubo, a decomposição é lenta, o que favorece a existência de criadouros nos entulhos, assim como a proliferação de pragas (CHIU *et al.*, 2008).

3 Frações lignocelulósicas

Tido como materiais orgânicos presentes em grande quantidade na biosfera, os resíduos lignocelulósicos são resultado do processamento agroindustrial (SÁNCHEZ, 2009). Nessa perspectiva, Hassan *et al.* (2018) revelam que esses resíduos agroindustriais do coco contêm fibras lignocelulósicas, formadas basicamente por três constituintes poliméricos: celulose, hemicelulose (ambos polissacarídeos) e lignina; de acordo com Subhedar *et al.* (2018), a composição desses polímeros no coco corresponde a 42,2%, 22,1% e 32,8%.

A celulose é um polímero vasto na natureza. De alto peso molecular e hidrofóbica, está presente na estrutura das paredes celulares das plantas. Além disso, por apresentar uma estrutura linear bastante rígida, formam fibras de grande resistência e estabilidade, com regiões cristalinas e amorfas, devido à união dessas estruturas por meio de ligações $\beta(1-4)$ - glicosídicas durante o processo de biossíntese (FESTUCCI-BUSELLI *et al.*, 2007).

Em conformidade com Yang e Wyman (2008), a hemicelulose se constitui por uma mistura de polímeros curtos e ramificados, a envolver as pentoses, hexoses e os ácidos galacturônicos. Outrossim, diferente da celulose, é um polissacarídeo solúvel em água, mais instável ao ser submetido a uma hidrólise e possui apenas regiões amorfas. Ademais, contribui com a formação da parede celular das plantas, junto com a celulose e a lignina.

Considerada o segundo abundante polímero natural, a lignina possui constituintes fenólicos, além de uma estrutura amorfa. É responsável também por fornecer resistência e rigidez aos vegetais. Além disso, fornece maior proteção aos tecidos vegetais a ataques patológicos, ao ser comparada à celulose e à hemicelulose (DOHERTY *et al.*, 2011).

3.1 Métodos de tratamento

Para realizar o fracionamento das fibras nos resíduos agroindustriais, e facilitar seu uso na indústria da forma mais pura possível, é necessária a realização de um tratamento. Essa etapa consiste em romper as ligações do material lignocelulósico dos resíduos, que pode ser feita através de métodos físicos, físico-químicos, biológicos e/ou químicos (WAGNER *et al.*, 2013).

Segundo Jorgensen *et al.* (2007), o regime se configura principalmente em aumentar os poros dos resíduos, por consequência, aumentar sua área superficial. Como resultado disso, há um custo-benefício, uma vez que esse procedimento permite reduzir a produção de inibidores à fermentação e, assim, demandar menos energia ao ser utilizado. Existem diversos processos de tratamento, os quais o critério de escolha varia do material a ser usado, e do propósito de utilização das frações lignocelulósicas. Dentre esses processos, incluem: explosão de fibra de amônia, do inglês, *Ammonia Fibre Explosion* (AFEX), alcalino e *organosolv*.

Wyman *et al.* (2005) mostram em seus estudos que, na AFEX, o resíduo é submetido a um tratamento com amônia líquida anidra em temperatura média de 80°C, e pressão que varia entre 15 a 20atm. A partir de então, com a liberação da pressão, há um crescimento exagerado e uma quebra estrutural dessas fibras devido à expansão do gás. Ademais, esse método consegue descristalizar parcialmente a celulose, porém destrói a hemicelulose e a lignina.

Além disso, o processo alcalino possui semelhanças com o funcionamento da AFEX. No entanto, são utilizados hidróxido de sódio, cálcio ou amônio ao invés de amônia, para romper a estrutura da lignina, e diminuir o número de monômeros e cristalinidade da celulose (SARITHA *et al.*, 2012).

O processo *organosolv*, por sua vez, apresenta maior versatilidade entre os citados, quanto ao fracionamento do resíduo. Esse método permite a quebra das ligações da lignina e da hemicelulose, o qual possibilita a obtenção das frações lignocelulósicas com alto grau de pureza e maior reatividade às próximas aplicações. Tal processo é realizado através de solventes orgânicos junto a ácidos inorgânicos em elevadas temperaturas. Entretanto, se faz necessária a reciclagem dos solventes que forem usados, uma vez que esses produtos demandam alto custeio (MAURYA *et al.*, 2015).

4 Aplicações das frações lignocelulósicas

De acordo com Phan *et al.* (2006), a celulose da fibra do coco contribui no tratamento de rejeitos industriais. Isso ocorre através da produção de carbonos ativados fibrosos a partir dessa matéria-prima, por estímulos físicos (tratamento térmico da fibra bruta a 950°C) e químicos (penetração do ácido fosfórico da fibra e submissão ao aquecimento). Outrossim, esses carbonos gerados possuem características adequadas na atuação de adsorvente, devido à grande área superficial e ao tamanho dos poros.

As fibras da celulose também possuem sua colaboração no ramo civil. Nesse contexto, foram estudadas as possibilidades de substituição do cimento por tais insumos, as quais foram comprovados melhores resultados no isolamento térmico, na redução da densidade do material e na resistência satisfatória à compressão, o que permitem maior leveza e firmeza ao produto (BENTCHIKOU *et al.*, 2012).

Poucas pesquisas abordam a questão da serventia da hemicelulose. No entanto, foi estudada a presença do xilano em sua composição, que é um polissacarídeo com poder de contribuir na recuperação de fraturas ósseas. Isso acontece devido à sua combinação com a quitosana (polissacarídeo encontrado em exoesqueletos), que resulta na formação de um hidrogel injetável, com capacidade de potencializar a cicatrização delas (BUSH *et al.*, 2016).

Conforme a pesquisa de Morandim-Giannetti *et al.* (2012) aponta, a lignina proveniente da fibra de coco pode ser utilizada como antioxidante em polímeros. Por conseguinte, desempenha essa função ao longo do período de durabilidade do produto. Além disso, é biodegradada com maior facilidade, ao ser comparada com antioxidantes mais aplicados nesse ramo, que demandam de mais tempo para degradar no ambiente.

Ademais, segundo estudos realizados por Ayrilmis *et al.* (2011), a fibra de coco colabora na robustez dos compósitos de polipropileno. Nesse sentido, com o aumento da quantidade de fibras inseridas, por conter alta proporção de lignina na sua composição, houve progresso principalmente na estabilidade estrutural dos compósitos. Dessa forma, evidenciaram a adequação de seu uso na produção de painel de porta de automóveis, a exemplo.

5 Considerações finais

É evidente, portanto, a relevância de continuar as buscas por alternativas de aproveitamento das frações lignocelulósicas dos resíduos agroindustriais do coco, já que se encontra em larga escala nas terras brasileiras, ajuda a minimizar os impasses ambiental e sanitário, além de dispor oportunidade de rendimento às áreas de produção. Ademais, nota-se

que esse tipo de material dispõe propriedades físico-químicas e mecânicas adequadas para a produção de novos produtos, com alto potencial de competitividade no mercado, bem como o aperfeiçoamento dos já existentes.

Referências bibliográficas

AYRILMIS, N.; JARUSOMBUTI, S.; FUEANGVIVAT, V.; BAUCHONGKOL, P.; WHITE, R.H. Coir Fiber Reinforced Polypropylene Composite Panel for Automotive Interior Applications. **Fibers and Polymers**, v.12, n.7, p.919-926, 2011.

BENTCHIKOU, M.; GUIDOUM, A.; SCRIVENER, K.; SILHADI, K.; HANINI, S. Effect of recycled cellulose fibres on the properties of lightweight cement composite matrix. **Construction and Building Materials**, v.34, p.451-456, 2012.

BLEDZKI, A.K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose based fibres. **Progress in Polymer Science**, v.24, n.2, p.221-274, 1999.

BUSH, J.R.; LIANG, H.; DICKINSON, M.; BOTCHWEY, E.A. Xylan hemicellulose improves chitosan hydrogel for bone tissue regeneration. **Polymers for Advanced Technologies**, v.27, n.8, p.1050-1055, 2016.

CABRAL, M.M.S.; ABUD, A.K.S.; SILVA, C.E.F.; ALMEIDA, R.M.R.G. Bioethanol production from coconut husk fiber. Santa Maria: **Ciência Rural**, v.46, n.10, p.1872-1877, 2016.

CHAN, E.; ELEVITCH, C.R. *Cocos nucifera* (coconut). In: Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Hawai'i: **Permanent Agriculture Resources**, ver.2.1, p.1-27, 2006.

CHIU, C.-T.; HSU, T.-H.; YANG, W.-F. Life cycle assessment on using recycled materials for rehabilitating asphalt pavements. **Resources, Conservation and Recycling**, v.54, n.3, p.545-556, 2008.

DARDICK, C.; CALLAHAN, A.M. Evolution of the fruit endocarp: molecular mechanisms underlying adaptations in seed protection and dispersal strategies. **Molecular mechanisms of endocarp development**, v.5, n.284, 2014.

DOHERTY, W.O.S.; MOUSAVIOUN, P.; FELLOWS, C.M. Value-adding to cellulosic ethanol: Lignin polymers. **Industrial Crops and Products**, v.33, n.2, p.259-276, 2011.

FESTUCCI-BUSELLI, R.A.; OTONI, W.C.; JOSHI, C.P. Structure, organization, and functions of cellulose synthase complexes in higher plantas. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.1 p.1-13, 2007.

FONTES, H.R.; FERREIRA, J.M.S.; SIQUEIRA, L.A. Sistema de produção para a cultura do coqueiro. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2002.

HASSAN, S.S.; WILLIAMS, G.A.; JAISWAL, A.K. Emerging technologies for the pretreatment of lignocellulosic biomass. **Bioresource Technology**, v.262, p.310-318, 2018.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: **IBGE**, v.30, n.12, p.1-82, 2017.

IORIS, A.A.R. Agribusiness in Brazil: The narrative drives. **Revista NERA**, v.1, n.33, p.139-154, 2016.

JONHNKENNEDY, N.; NDUBUEZE, E.H.; AUGUSTINE, I.; CHIOMA, D.; OKEY, E.C. Coconut Water Consumption and Its Effect on Sex Hormone Concentrations. **Journal of Krishna Institute of Medical Sciences University**, v.3, n.2, p.107-110, 2014.

JORGENSEN, H.; KRISTENSEN, J.B.; FELBY, C. Enzymatic conversion of lignocellulose into fermentable sugars: challenges and opportunities. **Biofuels, Bioproducts e Biorefining**, v.1, n.2, p.119-134, 2007.

MAURYA, D.P.; SINGLA, A.; NEGI, S. An overview of key pretreatment process for biological conversion of lignocellulosic biomass to bioethanol. **3 Biotech**, v.5, n.5, p.597-609, 2015.

MORANDIM-GIANNETTI, A.; AGNELLI, J.A.M.; LANÇAS, B.Z.; MAGNABOSCO, R.; CASARIN, S.A.; BETTINI, S.H.P. Lignin as additive in polypropylene/coir composites: Thermal, mechanical and morphological properties. **Carbohydrate Polymers**, v.87, n.4, p.2563-2568, 2012.

NG, S.P.; TAN, C.P.; LAI, O.M.; LONG, K.; MIRHOSSEINI, H. Extraction and characterization of dietary fiber from coconut residue. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.8, n.2, p.172-177, 2010.

PHAN, N.H.; RIO, S.; FAUR, C.; LE COQ, L.; LE CLOIREC, P.; NGUYEN, T.H. Production of fibrous activated carbons from natural cellulose (jute, coconut) fibers for water treatment applications. **Carbon**, v.44, n.12, p.2569-2577, 2006.

SÁNCHEZ, C. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. **Biotechnology Advances**, v.27, n.2, p.185-194, 2009.

SARITHA, M.; ARORA, A.; LATA. Biological Pretreatment of Lignocellulosic Substrates for Enhanced Delignification and Enzymatic Digestibility. **Indian Journal of Microbiology**, v.52, n.2, p.122-130, 2012.

SIQUEIRA, L.A.; ARAGÃO, W.M.; TUPINAMBÁ, E.A. A Introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agrônômica. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2002.

SUBHEDAR, P.B.; RAY, P.; GOGATE, P.R. Intensification of delignification and subsequent hydrolysis for the fermentable sugar production from lignocellulosic biomass using ultrasonic irradiation. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.40, p.140-150, 2018.

WAGNER, A.O.; SCHWARZNAUER, T.; ILLMER, P. Improvement of methane generation capacity by aerobic pre-treatment of organic waste with a cellulolytic *Trichoderma viride* culture. **Journal of Environmental Management**, v.129, p.357-360, 2013.

WILKINSON, J.; CERDAN, C.; DORINGON, C. Geographical Indications and "Origin" Products in Brazil –The Interplay of Institutions and Networks. **World Development**, v.98, p.82-92, 2017.

WYMAN, C.E.; DALE, B.E.; ELANDER, R.T.; HOLTZAPPLE, M.; LADISCH, M.R.; LEE, Y.Y. Coordinated development of leading biomass pretreatment technologies. **Bioresource Technology**, v.96, n.18, p.1959-1966, 2005.

YANG, B.; WYMAN, C.E. Characterization of the degree of polymerization of xylooligomers produced by flowthrough hydrolysis of pure xylan and corn stover with water. **Bioresource Technology**, v.99, n.13, p.5756-5762, 2008.